

Еуразиялық агротехникалық журнал = Евразийский агротехнический журнал. – Астана: С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, 2026. -№ 1 (129). - Р.-40-50. - ISSN 3135-243X, 3135-2448

doi.org/10.51452/eaj.2026.1(129).2067

УДК 631.816.11

Исследовательская статья

Влияние гумата калия на ростовые процессы и биомассу микрозелени в условиях гидропонной системы

Конысбаева Д.Т.¹, Горбуля В.С.¹, Мырзабаева М.Т.², Шоман А.Е.³, Сабитова З.Д.¹

¹Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина
Астана, Казахстан

²Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

³Astana IT University, Астана, Казахстан

Автор-корреспондент: Сабитова З.Д.: zika.sabitova@gmail.com

Соавторы: (1: ДК) damilya_konysbaeva@mail.ru; (2: ВГ) vs_4@mail.ru

(3: ММ) malika77780@mail.ru; (4: АШ) a.shoman@astanait.edu.kz

Получено: 05.01.2026 **Принято:** 02.02.2026 **Опубликовано:** 30.03.2026

Аннотация

Предпосылки и цель. Одним из направлений решения проблемы удовлетворения потребностей растущего городского населения в свежей растительной продукции, обеспечения сбалансированного питания по содержанию нутриентов и укрепления продовольственной безопасности может стать развитие вертикального фермерства в городских условиях для выращивания микрозелени. Цель работы - изучить влияние гумата калия на рост и развитие микрозелени в условиях гидропонной системы.

Материалы и методы. В качестве объектов исследования использовали микрозелень мангольда (*Beta vulgaris subsp. cicla* L.) и эстрагона (*Artemisia dracuncululus* L.), выращиваемую на вертикальной гидропонной установке. На начальном этапе (в течение первых трех суток) растения содержались в условиях полной темноты с периодическим опрыскиванием, далее включали освещение и полив. Стимуляция роста осуществлялась путём подкормки раствором гумата калия в различных концентрациях (1-3%). Проведена оценка всхожести, биометрических параметров, сырой массы, накопления биологически активных веществ и визуального состояния растений микрозелени.

Результаты. Наиболее благоприятное влияние на рост, развитие и товарный вид микрозелени оказал полив раствором гумата калия в концентрации 3%.

Закключение. Использование гумата калия оказало положительное влияние на морфофизиологические характеристики микрозелени и может быть рекомендовано для использования в технологиях интенсивного выращивания в гидропонных системах.

Ключевые слова: микрозелень; листовая свёкла; мангольд; эстрагон; гидропонная система; гумат калия.

Введение

Развитие устойчивого сельского хозяйства является основополагающим для решения растущих проблем (глобальная продовольственная безопасность, деградация почв, загрязнение водных ресурсов, потеря биоразнообразия, экологическая устойчивость в условиях изменения климата и роста населения) и объединяет экологические принципы для поддержания производительности и сохранению природных ресурсов [1, 2].

Одним из направлений в решения проблемы продовольственной безопасности и удовлетворения потребностей растущего городского населения в свежих овощах,

сбалансированности питания по содержанию нутриентов может стать развитие в условиях города вертикального фермерства для выращивания микрозелени, овощных и пряных культур [3, 4].

Вертикальное фермерство, или вертикальное сельское хозяйство, в большинстве случаев представляет собой гидропонную культуру, практика которой требует организации роста растений в многоуровневых стеллажах с использованием искусственного освещения и климат-контроля. Прикладное вертикальное фермерство является одним из наиболее перспективных подходов и позволяет получать на гидропонных установках стабильный и управляемый рост растений в ограниченном пространстве [5, 6]. Эта новая концепция даёт ряд преимуществ: получение превосходной продукции (как по количеству, так и по качеству), исключение ущерба, вызванного факторами внешней среды, возможность производства свежих продуктов питания вблизи или даже внутри крупных городов [7].

Микрозелень – это новый «функциональный продукт», который обладает полезными свойствами по укреплению иммунитета и предотвращению болезней, является источником антиоксидантов, в том числе полифенолов, витаминов С, В, Е, К, а также каротиноидов, обладает антисептическими, противораковыми свойствами, защищает организм от сердечно-сосудистых и воспалительных заболеваний артрита, от вредного воздействия свободных радикалов и др. [8, 9].

Микрозелень – это молодые побеги овощных культур и пряных трав, которую собирают при высоте 2,5-7,6 см после завершения развития семядолей или при появлении первых настоящих листьев. Семядольные листья микрозелени обладают более высокой питательной ценностью, чем зрелые листья. Они являются хорошим источником макроэлементов (калия и кальция) и микроэлементов (железа и цинка), характеризуется высоким содержанием каротиноидов, хлорофиллов, органических кислот [10]. Сбор урожая микрозелени производится через 7-14 дней после прорастания. В последние годы благодаря разнообразию нежного вкуса, сенсорных характеристик, высокопитательным и антиоксидантным свойствам рынок микрозелени стремительно растёт: растущий кулинарный спрос и простота выращивания микрозелени вызывают большой интерес как у производителей, так и у потребителей [11].

Короткий период роста микрозелени позволяет получать урожай круглый год в защищённом грунте и на вертикальных фермах в городских условиях без почвы, минеральных удобрений и пестицидов. Для повышения эффективности гидропонного выращивания активно применяются различные биостимуляторы. Особый интерес представляют гуминные соединения (далее - ГС), получаемые из гуминовых кислот [12]. ГС, полученные из разложившегося органического вещества, были определены как ключевые факторы устойчивого управления [13]. Они улучшают ёмкость катионного обмена, удержание воды и микробное разнообразие, которые необходимы для поддержания продуктивности почвы в устойчивых сельскохозяйственных системах [14]. Недавние исследования показали, что ГС также могут повышать устойчивость растений к засухе и стрессу, связанному с питательными веществами, что делает их особенно ценными в контексте изменения климата [15]. Значительное влияние ГС на индукцию боковых корней и рост корневых волосков может быть вызвано изменениями в энергетических и азотных путях и транспорте через мембраны. ГС влияют на питание и развитие растений через тесно связанные механизмы, которые зависят от гормонов. Они обладают способностью активизировать физиолого-биохимические процессы в растениях, улучшать усвоение питательных веществ и повышать устойчивость к стрессовым факторам [16, 17]. Однако, влияние гуматов на рост и развитие микрозелени при гидропонном выращивании до конца не изучено, что определяет актуальность данного исследования.

Настоящее исследование направлено на выявление особенностей влияния калийного гумата на морфофизиологические показатели роста и развития микрозелени мангольда (*Beta vulgaris subsp. cicla* L.) и эстрагона (*Artemisia dracunculus* L.) при гидропонном способе культивирования.

Материалы и методы

В качестве объектов исследования использовалась микрозелень листовой свеклы (мангольд) (*Beta vulgaris subsp. vulgaris var. cicla* L.) и эстрагона (*Artemisia dracunculus* L.), обладающая

высокой скоростью роста и популярная в пищевом использовании. Мангольд (*Beta vulgaris subsp. vulgaris var. cicla*) относится к семейству *Amaranthaceae* и отличается быстрым ростом и высоким содержанием биологически активных веществ, включая витамины и пигменты (бетаин, каротиноиды). Эстрагон (*Artemisia dracunculus* L.) – пряно-ароматическое растение семейства *Asteraceae* ценится за высокое содержание эфирных масел, фенольных соединений и антиоксидантов [18]. Выбор данных культур обусловлен содержанием значительного количества биологически активных соединений и определяет их перспективность для функционального питания и производства напитков, обогащённых натуральными антиоксидантами.

Цикл выращивания микрозелени проходил в контролируемых условиях гроубокса, позволяющем моделировать микроклимат и поддерживать оптимальный световой режим для выращивания растений в условиях закрытого грунта, на горизонтальной и вертикальной гидропонных установках с использованием биостимулятора – гумата калия (рисунок 1).



Рисунок 1 – А-горизонтальная гидропонная установка,
Б-вертикальная гидропонная установка

Семена мангольда (*Beta vulgaris subsp. cicla* L.) и эстрагона (*Artemisia dracunculus* L.) были поверхностно дезинфицированы в <5% гипохлориде натрия в течение 10 мин, трижды промыты в стерильной дистиллированной воде (20 мин), что предотвратило рост патогенных микроорганизмов в период прорастания семян. Следующим этапом стало замачивание семян в течение 1 часа в растворе гумата калия, в соответствующих вариантах исследований концентраций (1-3%) и равномерное распределение по поверхности влажной подложки. В течение первых 3-х суток после посева освещение и полив не осуществляются, однако, при необходимости производится лёгкое опрыскивание поверхности субстрата водой для поддержания необходимой влажности. Начиная с четвёртых суток подключается режим досвечивания светодиоидными фитолампами (интенсивность 12-14 тыс. люкс в спектре 400-700 нм) для обеспечения 12-часового светового дня и программа регулярного полива, обеспечивающая баланс по аэрации и влагообеспеченности культур с относительной влажностью воздуха 40-55%. Температура воздуха поддерживается на уровне 22-28 °С. В графике полива учитывалось дифференцированное внесение гумата калия в соответствии со схемой опыта. Система функционировала в режиме непрерывной рециркуляции, обеспечивая постоянную подачу питательного раствора к корневой зоне растений.

Благодаря контролю микроклиматических условий удалось получить равномерные всходы и наблюдать стабильное развитие микрозелени на протяжении всего цикла выращивания. Учётная площадь 34 м², повторность трехкратная.

Для оценки параметров роста проводились измерения следующих показателей:

- на 3-й день всхожесть семян (%);

- на 10-й день после посева измерение средней длины проростков (см), сырой массы (г), визуальная оценка окраски и общего состояния растений.

В качестве биостимулятора использован гумат калия (производитель ТОО «НПО Казтехноуголь», Республика Казахстан), разработанный по инновационной технологии из отечественного окисленного бурого угля в виде высококонцентрированного жидкого раствора и внедренный в производство в виде органо-минерального удобрения «Казуглегумус». Были протестированы следующие варианты: (1) «Контроль», (2) «Гумат калия, 1%», (3) «Гумат калия, 2%», (4) «Гумат калия, 3%». Раствор гумата вводили вручную в поливную систему при дифференцированном поливе с момента появления первых всходов.

Результаты и обсуждение

Результаты опытов показали, что проведенная дезинфекция не оказала отрицательного воздействия на всхожесть семян и дальнейшее развитие проростков. У обоих видов микрорезлени данный показатель варьировал от 90 до 100%.

Микрорезлень выращивали в течение 10-15 дней. Листовая свекла мангольд и эстрагон вырастали примерно в одни сроки: период роста эстрагона удлинялся на 1,5-2 дня (рисунок 2).

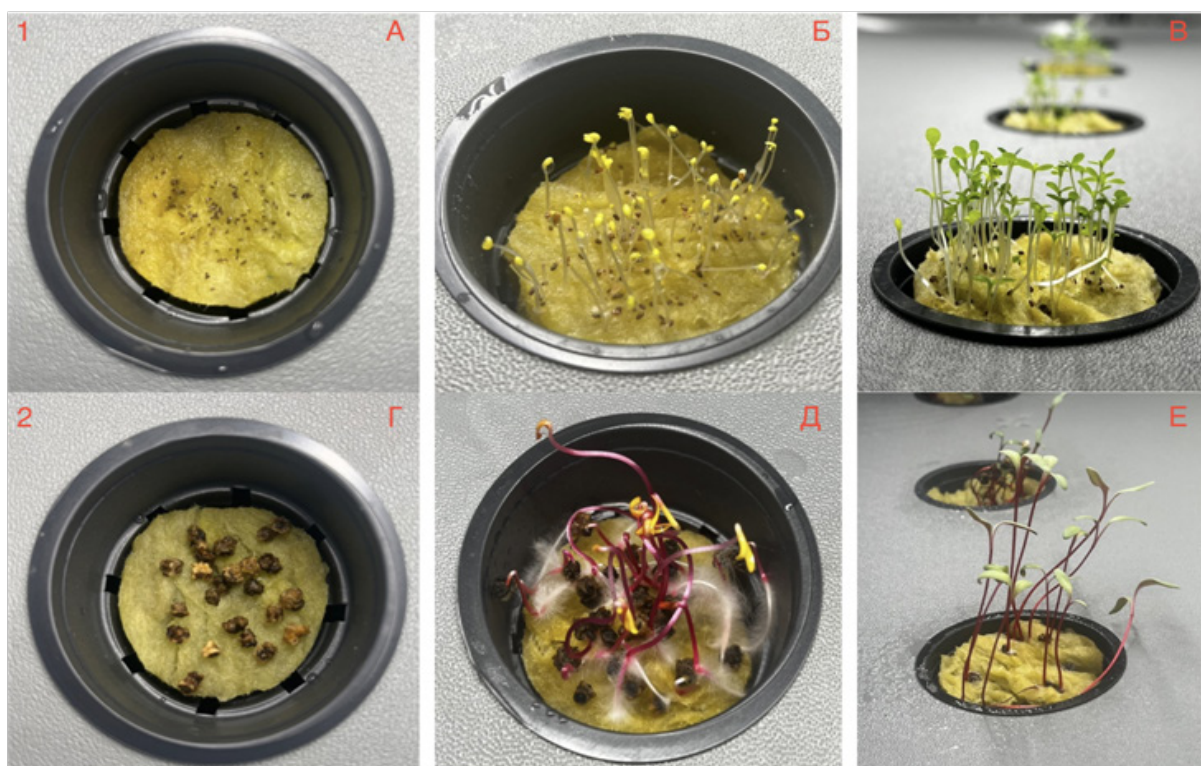


Рисунок 2 – Этапы прорастания микрорезлени эстрагона и мангольда в условиях гроубокса
1 ряд – эстрагон: 1А – день посева; 1Б – 5-й день после посева; 1В – 10-й день после посева;
2 ряд - мангольд: 2Г – день посева; 2Д – 5-й день после посева; 2Е – 10-й день после посева

Измерения морфометрических показателей прироста по высоте микрорезлени, проведённые на 10-й день с момента посева, показали более интенсивный рост микрорезлени листовой свёклы (мангольда) (рисунок 3).

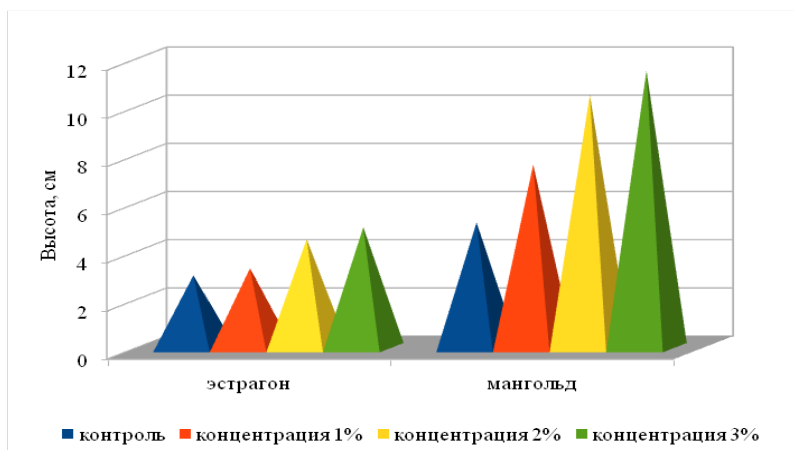






Рисунок 3 – Варьирование высоты микрозелени листовой свеклы (мангольда) и эстрагона в зависимости от концентрации гумата калия

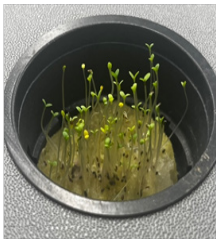



Лучшие результаты по каждой культуре были получены при использовании питательного раствора с концентрацией гумата калия 2 и 3%, и соответственно высота микрозелени эстрагона составила 4,5 и 5,0 см, высота микрозелени листовой свеклы (мангольда) – 10,5 и 11,5 см.

Варианты с применением биостимулятора гумата отличались более насыщенной зелёной окраской листьев, что указывает на повышенное содержание хлорофилла. Растения были более выровненными и крепкими, с хорошо развитой листовой пластинкой (таблица 1).

Таблица 1 – Изменения морфологических признаков микрозелени в зависимости от изменения концентрации биостимулятора

Культура	Вариант обработки	% гумата	Визуальная характеристика	Наглядное представление
Мангольд	Контроль	0	Светло-зелёный, листья мягкие	
	Вариант 1	1	Более насыщенная окраска, листья плотные	
	Вариант 2	2	Светло-зелёные листья	
	Вариант 3	3	Ярко зелёные, мощные и сочные растения	

Продолжение таблицы 1

Эстрагон	Контроль	0	Тонкие побеги, светлые листья	
	Вариант 1	1	Более равномерная окраска	
	Вариант 2	2	Насыщенный цвет, аккуратная форма	
	Вариант 3	3	Насыщенный цвет, аккуратная форма	

Применение гумата калия в питательном растворе оказало положительное влияние на прирост биомассы и морфологические показатели исследуемых видов микрорезелени. С увеличением концентрации питательного раствора формировались более развитые ростки микрорезелени, как листовой свеклы (мангольда), так и эстрагона. Листовая пластинка становилась более широкой, упругой и демонстрировала более интенсивную зелёную окраску, что указывает на повышение эффективности фотосинтеза и обеспечивает более активный рост растений. У листовой свеклы (мангольда) под действием гуматов отмечалось формирование интенсивно окрашенных стеблей характерного красно-бордового оттенка. Яркость и насыщенность окраски стеблей указывают на улучшение физиологического состояния растений и отсутствие стрессовых факторов в условиях выращивания.

Сбор урожая микрорезелени проводился при полном развитии первого и второго листа, в то время как семядольные листья были в стадии закругленных краев. Свежесобранный урожай всей биомассы и отдельного растения по каждому варианту взвешивали на цифровых весах (рисунки 4, 5). С увеличением концентрации гуматов в питательном растворе увеличивался вес микрорезелени, особенно это отмечается в вариантах микрорезелени эстрагона. Максимальный вес одного растения достигал при использовании на микрорезелени гумата калия в концентрации 3%, и составил 14 г у мангольда и 11 г у эстрагона. Данный показатель был сравнительно больше, чем в вариантах контроль и концентрация гумата калия 1%, соответственно, по микрорезелени мангольда – на 26% и 24%, по микрорезелени эстрагона – на 71% и 50%.

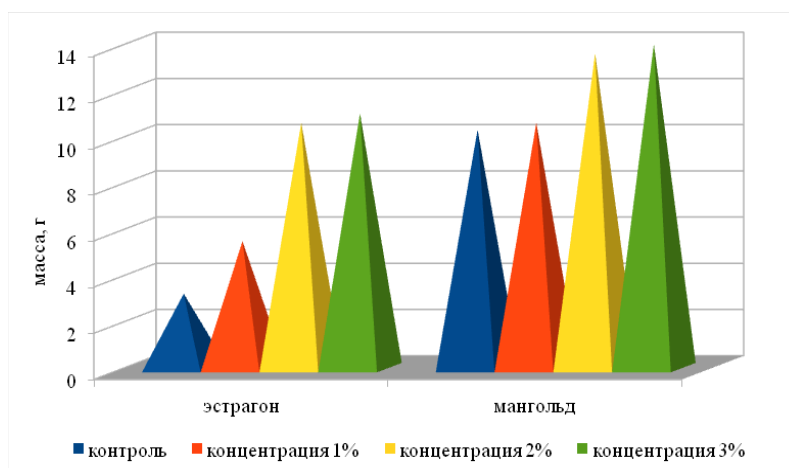


Рисунок 5 – Варьирование веса одного растения микрозелени мангольда и эстрагона в зависимости от концентрации гумата калия

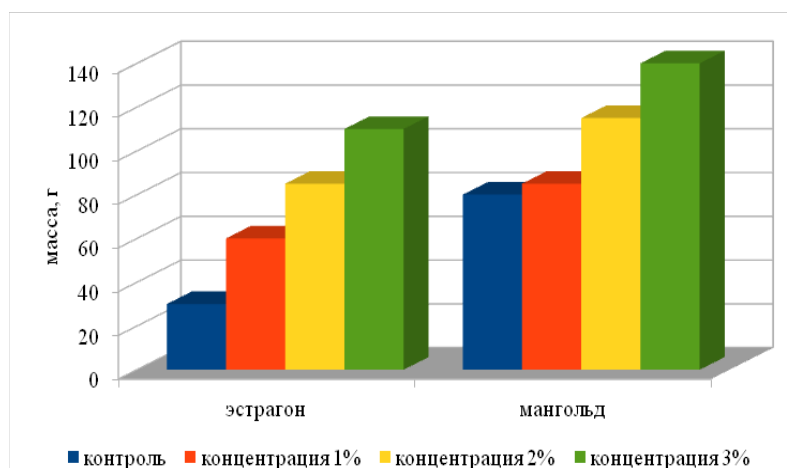


Рисунок 6 – Изменение биомассы микрозелени мангольда и эстрагона в зависимости от концентрации гумата калия

Исследования показывают стабильные показатели роста биомассы мангольда на следующих вариантах: при 3% концентрации гумата максимальные массы составили от 125 до 140 г с исследуемой площади, рост растений варьирует от 8 до 10 см; небольшое отличие отмечается в биомассе при концентрации гумата 2% – масса составляет от 115 до 136 г с исследуемой площади и наблюдается небольшое отставание в росте, высота растений находится в пределах 6-10 см; масса растений с исследуемой площади при концентрации гумата 1% имеет небольшое отличие от контрольного варианта в пределах от 80 до 110 г. Тогда как, масса растений в вариантах с концентрацией гумата 3% в 1,75 раз; 2% и 2,5% в 1,4-1,5 раз соответственно больше массы растений контрольного варианта.

Эстрагон же показывает отличие прироста в биомассе в вариантах: с концентрацией гумата в 3% в пределах 110 г с исследуемой площади, отличие по биомассе от контроля составило 3,4-3,5 раз; стабильную массу в пределах 85 г показывает вариант с концентрацией гумата 2%, при этом рост микрозелени активный с хорошими показателями листовой поверхности. При концентрации 1% гумата микрозелень имеет небольшой прирост в биомассе в отличие от контроля и находится в пределах 60 г.

Заключение

Микрозелень мангольда и эстрагона подходит для интенсивного вертикального земледелия, благодаря небольшой высоте, которую она достигает при сборе урожая, и короткому жизненному циклу.

По итогам исследования отмечено, что использование гумата калия приводит к положительным эффектам: наблюдается стимуляция ростовых процессов, улучшаются морфометрические показатели и увеличивается биомасса микрозелени, что показывает эффективность гумата калия как биостимуляторов при гидропонном методе выращивания микрозелени. Наиболее эффективной в условиях гидропонной системы является 3% концентрация раствора гумата калия для стимуляции роста микрозелени, улучшения усвоения питательных веществ и активизации физиолого-биохимических процессов в растениях на ранних стадиях развития, и может быть рекомендовано как эффективный элемент агротехнологии. Полученные результаты могут быть полезны для дальнейших разработок в области интенсивного растениеводства и биологизации технологий в условиях контролируемых сред.

Вклад авторов

ДК, ВГ, ММ, АШ, ЗС: участвовали в сборе и подготовке образцов для проведения лабораторных анализов, а также провели обработку и анализ полученных данных. ДК, ВГ, ММ, АШ, ЗС: подготовили литературный обзор, обобщили результаты исследований, выполнили анализ данных и совместно подготовили текст статьи.

Все авторы прочитали, просмотрели и одобрили окончательный вариант статьи.

Информация о финансировании

Исследование было выполнено при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан на 2024-2026 годы программы ПЦФ BR24992852 «Разработка интеллектуальных моделей и методов цифровой экосистемы Smart City для устойчивого развития города и повышения качества уровня жизни горожан».

Список литературы

- 1 Rockström, J., Edenhofer, O., Gaertner, J., De Clerck, F. (2020). Planet Proofing the Global Food System. *Nat. Food*, 1, 3-5.
- 2 Kassam, A., Friedrich, T., Derpsch, R. (2021). Global Achievements in Soil Conservation and the Role of Conservation Agriculture. *Int. Soil Water Conserv. Res*, 9, 217-230. DOI: 10.1016/S2095-6339(15)30009-5.
- 3 Rohmanna, N.A., Majid, ZANM., Robbani, S. (2023). The potential of microgreen as the dietary antioxidant in COVID-19 pandemic: mini review. *Food Research*, 7(5), 147-155. DOI:10.26656/fr.2017.7(5).994.
- 4 Mrityunjaya, M., Pavithra, V., Neelam, R., Janhavi, P., Halami, P.M., Ravindra, PV. (2020). Im-mune-Boosting, Antioxidant and Antiinflammatory Food Supplements Targeting Pathogenesis of COVID-19. *Frontiers in Immunology*, 11, 570122. DOI:10.3389/fimmu.2020.570122.
- 5 Pretty, J., Benton, T.G., Bharucha, Z.P., Dicks, L.V., Flora, C.B., Godfray, H.C.J., Goulson, D., Hart-ley, S., Lampkin, N., Morris, C., et al. (2020). Global Assessment of Agricultural System Redesign for Sustainable Intensification. *Nat. Sustain*, 3, 830-840. DOI:10.1038/s41893-018-0114-0.
- 6 Jin, X., Zhang, Y., Zhou, J. (2022). Advances in Precision Agriculture for Sustainable Farming: A Review. *Agronomy*, 12, 412.
- 7 Huang, H., Jiang, X.Z., Yu, L., Pham, Q., Sun, J. (2016). Red Cabbage micro green lower circulating LDL, Liver Cholesterol and inflammatory cytokines in mice fed a high - fat diet. *J Agric Food Chem*, 64, 9161-71. DOI: 10.1021/acs.jafc.6b03805.
- 8 Kyriacou, M.C., Roupheal, Y., Di Gioia, F., Kyratzis, A., Serio, F., Renna, M., De Pascale, S., Santamaria, P. (2016). Micro-scale vegetable production and the rise of microgreens. *Trends Food Sci Technol*, 57, 103-15. DOI: 10.1016/j.tifs.2016.09.005.
- 9 Rosa, J., Silva, R.F., Canellas, L.P. (2022). Humic Acids and Sustainable Nutrient Management in Agriculture. *J. Plant Nutr*, 45, 1175-1190. DOI:10.3390/agronomy15020410.
- 10 Turner, E.R., Luo, Y., Buchanan, R.L. (2020). Microgreen nutrition, food safety, and shelf life: a review. *Journal of Food Science*, 85, 870-882. DOI:10.1111/1750-3841.15049.

11 Rocchetti, G., Tomas, M., Zhang, L., Zengin, G., Lucini, L., Capanoglu, E. (2020). Red beet (*Beta vulgaris*) and amaranth (*Amaranthus* sp.) microgreens: Effect of storage and in vitro gastrointestinal digestion on the untargeted metabolomic profile. *Food chemistry*, 332, 127415. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.127415.

12 Abid, M., Batool, T., Siddique, G., Ali, S., Binyamin, R., Shahid, M.J., Rizwan, M., Alsahli, A.A., Alyemeni, M.N. (2020). Integrated nutrient management enhances soil quality and crop productivity in Maize-Based cropping system. *Sustainability*, 12, 10214.

13 Guo, X.-X., Liu, H.-T., Wu, S.-B. (2019). Humic Substances developed during organic waste composting: Formation mechanisms, structural properties, and agronomic functions. *Sci. Total Environ*, 662, 501-510.

14 Kłeczek, A. (2022). Agricultural Use of Natural Bio stimulants Humic Substances: A Review. *Deleted J.*, 24, 1-14.

15 Nardi, S., Ertani, A., Francioso, O. (2016). Soil root cross-talking: The role of Humic Substances. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 180, 5-13.

16 Tamburini, G., Bommarco, R., Wanger, T.C., Kremen, C., Van Der Heijden, M.G.A., Liebman, M., Hallin, S. (2020). Agricultural diversification promotes multiple ecosystem services without compromising yield. *Sci. Adv*, 6, 1715.

17 Fatima, N., Jamal, A., Huang, Z., Liaquat, R., Ahmad, B., Haider, R., Sillanpää, M. (2021). Extraction and chemical characterization of humic acid from nitric acid treated lignite and bituminous coal samples. *Sustainability*, 13(16), 8969. DOI:10.3390/su13168969.

18 Ekiert, H., Świątkowska, J., Knut, E., Klin, P., Rzepiela, A., Tomczyk, M., Szopa, A. (2021). *Artemisia dracunculoides* (Tarragon): A review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacology. *Frontiers in Pharmacology*, 12, 653993. DOI:10.3389/fphar.2021.653993.

References

1 Rockström, J., Edenhofer, O., Gaertner, J., De Clerck, F. (2020). Planet-Proofing the Global Food System. *Nat. Food*, 1, 3-5.

2 Kassam, A., Friedrich, T., Derpsch, R. (2021). Global Achievements in Soil Conservation and the Role of Conservation Agriculture. *Int. Soil Water Conserv. Res*, 9, 217-230. DOI:10.1016/S2095-6339(15)30009-5.

3 Rohmana, N.A., Majid, ZANM., Robbani, S. (2023). The potential of microgreen as the dietary antioxidant in COVID-19 pandemic: mini review. *Food Research*, 7(5), 147-155. DOI: 10.26656/fr.2017.7(5).994.

4 Mrityunjaya, M., Pavithra, V., Neelam, R., Janhavi, P., Halami, P.M., Ravindra, P.V. (2020). Immune-Boosting, Antioxidant and Anti-inflammatory Food Supplements Targeting Pathogenesis of COVID-19. *Frontiers in Immunology*, 11, 570122. DOI:10.3389/fimmu.2020.570122.

5 Pretty, J., Benton, T.G., Bharucha, Z.P., Dicks, L.V., Flora, C.B., Godfray, H.C.J., Goulson, D., Hartley, S., Lampkin, N., Morris, C., et al. (2020). Global Assessment of Agricultural System Redesign for Sustainable Intensification. *Nat. Sustain*, 3, 830-840. DOI:10.1038/s41893-018-0114-0.

6 Jin, X., Zhang, Y., Zhou, J. (2022). Advances in Precision Agriculture for Sustainable Farming: A Review. *Agronomy*, 12, 412.

7 Huang, H., Jiang, X.Z., Yu, L., Pham, Q., Sun, J. (2016). Red Cabbage micro-green lower circulating LDL, Liver Cholesterol and inflammatory cytokines in mice fed a high - fat diet. *J Agric Food Chem*, 64, 9161-71. DOI: 10.1021/acs.jafc.6b03805.

8 Kyriacou, M.C., Roupheal, Y., Di Gioia, F., Kyrtziz, A., Serio, F., Renna, M., De Pascale, S., Santamaria, P. (2016). Micro-scale vegetable production and the rise of microgreens. *Trends Food Sci Technol*, 57, 103-15. DOI: 10.1016/j.tifs.2016.09.005.

9 Rosa, J., Silva, R.F., Canellas, L.P. (2022). Humic Acids and Sustainable Nutrient Management in Agriculture. *J. Plant Nutr*, 45, 1175-1190. DOI:10.3390/agronomy15020410.

10 Turner, E.R., Luo, Y., Buchanan, R.L. (2020). Microgreen nutrition, food safety, and shelf life: a review. *Journal of Food Science*, 85, 870-882. DOI:10.1111/1750-3841.15049.

11 Rocchetti, G., Tomas, M., Zhang, L., Zengin, G., Lucini, L., Capanoglu, E. (2020). Red beet (*Beta vulgaris*) and amaranth (*Amaranthus* sp.) microgreens: Effect of storage and in vitro gastrointestinal digestion on the untargeted metabolomic profile. *Food chemistry*, 332, 127415. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.127415.

12 Abid, M., Batool, T., Siddique, G., Ali, S., Binyamin, R., Shahid, M.J., Rizwan, M., Alsahli, A.A., Alyemeni, M.N. (2020). Integrated nutrient management enhances soil quality and crop productivity in Maize-Based cropping system. *Sustainability*, 12, 10214.

13 Guo, X.-X., Liu, H.-T., Wu, S.-B. (2019). Humic Substances developed during organic waste composting: Formation mechanisms, structural properties, and agronomic functions. *Sci. Total Environ*, 662, 501-510.

14 Kłeczek, A. (2022). Agricultural Use of Natural Bio stimulants Humic Substances: A Review. *Deleted J.*, 24, 1-14.

15 Nardi, S., Ertani, A., Francioso, O. (2016). Soil root cross-talking: The role of Humic Substances. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 180, 5-13.

16 Tamburini, G., Bommarco, R., Wanger, T.C., Kremen, C., Van Der Heijden, MGA., Liebman, M., Hallin, S. (2020). Agricultural diversification promotes multiple ecosystem services without compromising yield. *Sci. Adv*, 6, 1715.

17 Fatima, N., Jamal, A., Huang, Z., Liaquat, R., Ahmad, B., Haider, R., Sillanpää, M. (2021). Extraction and chemical characterization of humic acid from nitric acid treated lignite and bituminous coal samples. *Sustainability*, 13(16), 8969. DOI:10.3390/su13168969.

18 Ekiert, H., Świątkowska, J., Knut, E., Klin, P., Rzepiela, A., Tomczyk, M., Szopa, A. (2021). *Artemisia dracunculus* (Tarragon): A review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacology. *Frontiers in Pharmacology*, 12, 653993. DOI:10.3389/fphar.2021.653993.

Гидропоника жағдайында микрожасылдардың өсу процестері мен биомассасына калий гуматының әсері

Конысбаева Д.Т., Горбуля В.С., Мырзабаева М.Т., Шоман А.Е., Сабитова З.Д.

Түйін

Алғышарттар мен мақсат. Қалалық халықтың жаңа көкөністерге деген өсіп келе жатқан сұранысын қанағаттандыру, тағам құрамындағы нутриенттер теңгерімін қамтамасыз ету және азық-түлік қауіпсіздігін қалыптастыру мәселесін шешудің бір бағыты – қала жағдайында микрожасылдарды өсіруге арналған тік фермерлік жүйелерді дамыту болып табылады. Зерттеу мақсаты калий гуматының гидропондық жүйеде микрожасылдардың өсуі мен дамуына әсерін зерттеу.

Материалдар мен әдістер. Зерттеу нысандары ретінде тік гидропондық қондырғыда өсірілген мангольд (*Beta vulgaris subsp. cicla* L.) және эстрагон (*Artemisia dracunculus* L.) микрожасылдары пайдаланылды. Бастапқы кезеңде (алғашқы үш тәулік бойы) өсімдіктер толық қараңғылықта ұсталып, мерзімді түрде бүркілді; кейін жарықтандыру мен суару іске қосылды. Өсуді ынталандыру әртүрлі концентрациядағы (1-3%) калий гуматы ерітіндісімен қоректендіру арқылы жүргізілді. Өскіндердің өнгіштігі, биометриялық көрсеткіштері, шикі массасы, биологиялық белсенді заттардың жиналуы және микрожасылдардың визуалды күйі бағаланды.

Нәтижелер. Микрожасылдардың өсуі, дамуы және тауарлық түріне ең қолайлы әсер калий гуматының 3% ерітіндісімен суарғанда байқалды.

Қорытынды. Калий гуматын қолдану микрожасылдардың морфо-физиологиялық көрсеткіштеріне оң әсер етті және оны гидропондық жүйелерде қарқынды өсіру технологияларында қолдануға болады деп ұсынуға болады.

Кілт сөздер: микрожасыл; жапырақты қызылша; мангольд; эстрагон; гидропондық жүйе; калий гуматы.

Effect of potassium humate on growth processes and biomass accumulation of microgreens under hydroponic conditions

Damilya T. Konysbayeva, Victoria S. Gorbula, Malika T. Myrzabaeva, Aruzhan E. Shoman
Zeinegul D. Sabitova

Abstract

Background and Aim. One of the promising approaches to addressing the growing demand of the urban population for fresh vegetables, ensuring a balanced diet in terms of nutrient content and achieving food security is the development of vertical farming systems for growing microgreens in urban environments. The aim of this study was to investigate the effect of potassium humate on the growth and development of microgreens under hydroponic conditions.

Materials and Methods. The objects of the study were microgreens of Swiss chard (*Beta vulgaris subsp. cicla* L.) and tarragon (*Artemisia dracunculus* L.), grown in a vertical hydroponic system. At the initial stage (during the first three days), the plants were kept in complete darkness with periodic spraying; afterward, lighting and irrigation were activated. Growth stimulation was carried out by feeding the plants with potassium humate solution at various concentrations (1-3%). Germination rate, biometric parameters, fresh weight, the accumulation of biologically active substances, and the visual condition of the microgreens were evaluated.

Results. The most favorable effect on the growth, development, and marketable appearance of microgreens was observed with irrigation using potassium humate at a concentration of 3%.

Conclusion. The use of potassium humate had a positive effect on the morphophysiological characteristics of microgreens and can be recommended for use in intensive hydroponic cultivation technologies.

Keywords: microgreens; Swiss chard; *Beta vulgaris*; tarragon; hydroponic system; potassium humate.